

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  <p style="text-align: center; font-weight: bold;">G01C 21/00</p>	<b>A2</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/56081</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. November 1999 (04.11.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01145  (22) Internationales Anmeldedatum: 16. April 1999 (16.04.99)  (30) Prioritätsdaten: 198 18 473.5        24. April 1998 (24.04.98)        DE  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUPFNER, Markus [DE/DE]; Weiherweg 6, D-93051 Regensburg (DE).  (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF A VEHICLE  (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER POSITION EINES FAHRZEUGS  (57) Abstract  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>The invention relates to a method for determining the position of a vehicle in which, with the use of digital road network data, a relative vehicle position (P) and a driving direction are measured by a sensor. Starting from the measured relative vehicle position (P), a reference point (R) on a road segment (S) of the digital road network data is calculated on a line which essentially runs at a right angle to the driving direction.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Bei einem Verfahren zur Bestimmung der Position eines Fahrzeugs anhand digitaler Wegenetzdaten wird eine relative Fahrzeugposition (P) und eine Fahrtrichtung von einem Sensor gemessen. Ausgehend von der gemessenen relativen Fahrzeugposition (P) wird auf einer Linie, die im wesentlichen rechtwinklig zur Fahrtrichtung verläuft, ein Referenzpunkt (R) auf einem Wegsegment (S) der digitalen Wegenetzdaten berechnet.</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> </div> </div>		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

## Verfahren zur Bestimmung der Position eines Fahrzeugs

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Fahrzeugs auf der Grundlage einer gemessenen, relativen Fahrzeugposition und anhand digitaler Wegenetzdaten.

10 Bekannte Navigationsverfahren für Landfahrzeuge versuchen eine durch Koppelnavigation (dead reckoning) gemessene (relative) Position, also eine durch Addition von Vektoren der Fahrzeugbewegung ermittelte Position, auf einem digitalen Straßennetzwerk zu finden. Das digitale Straßennetzwerk besteht aus digitalen Wegenetzdaten mit Segmenten, Knoten, Umrißpunkten,  
15 ten, die Straßen beschreiben, Schnittpunkten und Abbiegepunkten.

Wenn ein Fahrzeug beispielsweise ein Abbiegemanöver durchführt, muß die zuvor in der digitalen Straßenkarte gefundene  
20 Position der neu gemessenen Fahrzeugposition folgen. Eine neu gemessene Position auf einem Segment oder einer digitalisierten Straße, bzw. auf mehreren in Frage kommenden Segmenten oder digitalisierten Straßen, wird verfolgt, indem eine jeweils gemessene, zurückgelegte Entfernung zur letzten, auf  
25 dem Segment (Straße) bestimmten Position addiert wird. Die letzte auf dem Segment bestimmte Position wird auf der digitalisierten Straße um die inzwischen zurückgelegte, gemessene Entfernung verschoben.

30 Jedoch ergeben sich zwischen zwei Meßpunkten häufig Abweichungen zwischen den gemessenen Fahrzeugpositionen und den auf der Straßenkarte ermittelten Positionen. Diese Abweichungen beruhen beispielsweise auf einem Abweichen eines Fahrzeugs in einer Kurve von einer digitalisierten Ideallinie,  
35 der Wahl einer Spur mit einem kleineren oder größeren Kurven-

radius als derjenigen, die der digitalisierten Straßenkarte zugrunde gelegt ist, auf Fehler bei der Digitalisierung der Straßenkarte oder auf Meßfehler.

- 5 Aus der Patentanmeldung EP 0 601 712 A1 ist ein Navigationssystem bekannt, bei dem unterstellt wird, daß eine Fahrzeugposition sich nicht in einer Kartendatenbank wiederfindet, wenn der kleinste Abstand im rechten Winkel zwischen der Fahrzeugposition und der nächsten Straße eine vorbestimmte  
10 Entfernung überschreitet.

- Aus der Offenlegungsschrift DE 40 33 527 A1 ist eine Navigationseinrichtung bekannt, die mögliche Straßen einer digitalisierten Straßenkarte, auf denen sich die gegenwärtige Position befinden kann, aufgrund einer Auswertung von Fahrtrichtung und Abstand der gemessenen Position zu entsprechenden Straßen ermittelt. Dabei wird ein Fahrzeug gezeigt, dessen Fahrtrichtung mit dem Verlauf von zwei benachbarten Straßen verglichen wird und dessen geringster Abstand jeweils zu den  
15 beiden benachbarten Straßen ermittelt wird. Wird zum Ziehen der gemessenen Position auf eine digitalisierte Karte (Map matching) diejenige Position auf der digitalisierten Straße verwendet, die dem Fahrzeug am nächsten ist, das heißt die mit einem Lot auf die Straße bestimmt wird, so können bei  
20 Kurvenfahrten Fehler auftreten.

- Es ist ein Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Fahrzeugs bereitzustellen, das eine verbesserte Genauigkeit für das Verfolgen der gemessenen Fortbewegung eines Fahrzeugs in einem digitalisierten Straßen- oder  
30 Wegenetz erlaubt.

- Dieses Ziel wird mit einem Verfahren erreicht, wie es in Patentanspruch 1 definiert ist. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. Dadurch, daß eine Projektion der gemessenen Position auf ein Wegsegment der digitalen Wegenetzdaten im rechten Winkel zur Fahrt-  
35

richtung oder zum Verlauf des Wegsegments vorgenommen wird, werden insbesondere bei Kurvenfahrten Längen- und Winkelunterschiede zwischen einem gefahrenen Pfad eines Fahrzeugs und der auf dem digitalisierten Straßennetz verfolgten Wegstrecke  
5 automatisch ausgeglichen. Die auf das Segment projizierte Position entspricht der wahrscheinlichsten Fahrzeugposition in dem Segment.

Es können Fehler bei Distanzmessungen, die auf Ungenauigkeiten  
10 einer Sensors, eines GPS-System (Global Positioning System) und auf Fehler bei der Digitalisierung von Straßenkarten beruhen, ausgeglichen werden. Dasselbe gilt für die Fahrtrichtungsmessung oder die in den digitalen Wegenetzdaten möglicherweise fehlerbehaftet abgespeicherten Richtungsangaben.  
15

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht damit ein besonders exaktes Angleichen der gemessenen Position an eine korrespondierende Position auf einer digitalen (digitalisierten) Straßenkarte.  
20

Als mögliche Fahrzeugposition werden alle Schnittpunkte von rechtwinkligen Projektionslinien mit Segmenten oder Straßen der digitalen Wegenetzdaten behandelt, die sich innerhalb eines definierten Abstands von der Fahrzeugposition befinden.  
25

Ein geeigneter Weg, aus einer Mehrzahl von derart gefundenen Referenz- oder Schnittpunkten die wahre, absolute Fahrzeugposition herauszufinden, besteht darin, nur solche Referenzpunkte (Schnittpunkte) zu berücksichtigen, die auf einer  
30 Straße liegen, auf der bei der vorhergehenden Messung ebenfalls ein Referenzpunkt oder mehrere Referenzpunkte gefunden worden sind. Daneben kann ein sich ändernder Abstand zwischen einer Serie gemessener Fahrzeugpositionen und der entspre-

chenden auf eine Straße projizierten Referenzpunkte als Auswahlkriterium berücksichtigt werden.

Das Verfahren arbeitet besonders genau, wenn bei einem Winkel von weniger als etwa  $25^\circ$  zwischen der Fahrtrichtung eines Fahrzeugs und einem Straßenverlauf (Wegsegment), und bevorzugt von  $15^\circ$  oder weniger, derjenige Punkt des Wegsegments als wahrscheinliche Position angenommen wird, der von einem Wegsegment in rechten Winkel auf die Fahrzeugposition projiziert wird. Damit ist der Referenzpunkt derjenige Punkt auf einem Wegsegment, der den geringsten Abstand zur gemessenen Fahrzeugposition aufweist. Dadurch wird vermieden, daß bei kleinen Auslenkungen eines Fahrzeugs gegenüber einer Ideallinie Ungenauigkeiten bei einer rechtwinkligen Projektion auf ein Segment entstehen. Somit werden Fehler bei der Winkelmessung korrigiert, die zu einem Distanzfehler führen können.

Bei einem kurvigen oder gewundenen Straßenverlauf ist es empfehlenswert diese Schwelle auf einen Wert von etwa  $50^\circ$  und bevorzugt auf einen Wert von  $40^\circ$  zu erhöhen.

Bei Abweichungen von mehr als  $90^\circ$  zwischen der Fahrtrichtung und dem Segmentverlauf wird der korrespondierende Referenzpunkt auf dem Segment durch Addition der seit der letzten Messung zurückgelegten Wegstrecke auf den zuletzt bestimmten Referenzpunkt bestimmt (Verschieben des Referenzpunkts auf dem Segment um die zwischenzeitlich zurückgelegte, gemessene Entfernung). Damit wird beispielsweise bei einer sehr engen Kurve und einer relativen ungenau gemessenen Fahrzeugposition vermieden, daß an dem Segment oder der digitalisierten Straße vorbei projiziert wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Es zeigen:

Figur 1 ein Navigationsgerät zur Durchführung des Verfahrens  
und

Figur 2 eine gemessene Fahrstrecke in Bezug auf ein entspre-  
5 chendes Straßensegment einer digitalisierten Straßen-  
karte.

Das in Figur 1 dargestellte Navigationsgerät 1 weist einen  
Prozessor 12 und einen flüchtigen Speicher 11 auf. Der Pro-  
10 zessor ist mit Sensoren 13 und 14 verbunden, die eine zurück-  
gelegte Entfernung und eine Richtung messen.

Der Sensor 13 ist ein Kilometerzähler eines Kraftfahrzeugs,  
und der Sensor 14 ist ein Gyroskop. Zusätzlich oder anstelle  
15 dieser Sensoren kann beispielsweise auch ein GPS-System als  
Entfernungs- und/oder Richtungssensor eingesetzt werden.

Auf der Basis der durch die Sensoren 13 und 14 gemessenen  
Entfernungs- und Richtungswerte errechnet der Prozessor 12  
20 die jeweilige Position des Fahrzeugs.

Über ein CD-ROM-Laufwerk 15 wird der Prozessor 12 mit Wege-  
netzdaten eines digitalisierten Straßen- oder Wegenetzwerks  
versorgt, das auf einer CD-ROM 151 gespeichert ist. Neben  
25 oder anstelle eines Massenspeichers kann das Navigationssy-  
stem Wegenetzdaten auch drahtlos erhalten.

In Figur 2 deuten die gestrichelten Linien eine Fahrtstrecke  
an, die mittels Koppelnavigation auf der Grundlage der Meß-  
30 werte der Sensoren 13 und 14 ermittelt worden ist. Ausgehend  
von einer definierten Position ist die jeweils zurückgelegte  
Fahrtstrecke nach Betrag und Richtung addiert worden.

Die Pfeilspitzen stehen für vom Prozessor 12 ermittelte Fahr-  
35 zeugpositionen P auf der gemessenen Fahrtstrecke, bei denen



eine entsprechende Position auf einem Wegsegment der digitalen Straßenkarte gesucht worden ist.

Eine mit S bezeichnete, durchgezogene Linie stellt ein Straßen- oder Wegsegment der digitalen Straßenkarte dar.

Sowohl die gemessene Fahrtstrecke als auch das Wegsegment S beschreiben eine Kurve mit einem Winkel von  $90^\circ$ . Die gemessene Fahrtstrecke beschreibt einen im Vergleich zum Wegsegment S einen deutlich weiteren Bogen. Die tatsächlich gefahrene oder gemessene Strecke zeichnet sich also durch einen deutlich größeren Kurvenradius als das zugehörige Wegsegment der digitalen Straßenkarte aus. Dies bedeutet, daß bei einem Verfolgen der gemessenen Positionen auf der digitalen Straßenkarte, die auf dem bekannten Addieren der zurückgelegten, gemessenen Wegstrecke entlang des digitalisierten Straßen- oder Wegsegments beruht, das Navigationssystem am Auslauf der Kurve einen deutlich weiter auf dem Wegsegment S vorgerückten Punkt bestimmen würde, als dies der Wirklichkeit entspricht.

20

Auf dem Wegsegment S sind Referenzpunkte R eingetragen. Ein Referenzpunkt R wird von einer gemessenen, relativen, momentanen Fahrzeugposition P aus ermittelt. Solange der Winkel zwischen der Ausrichtung des Fahrzeugs und dem Verlauf des Wegsegments S nicht größer als  $15^\circ$  ist, wird im rechten Winkel vom Segment S auf das Fahrzeug projiziert. Dies geschieht, indem der geringste Abstand zwischen der Fahrzeugposition P und dem Wegsegment S bestimmt wird.

Beträgt der Winkel zwischen der Fahrzeugausrichtung und dem Verlauf des Wegsegments S mehr als  $15^\circ$ , so wird senkrecht zur Fahrtrichtung von einer relativen Fahrzeugposition P auf das Wegsegment S projiziert, um dort einen Referenzpunkt R zu finden und der gemessenen Position P zuzuordnen. Die Projektion ist jeweils mit gepunkteten Linien angedeutet.

Durch die Projektion der relativen Positionen P im rechten Winkel zur Fahrtrichtung auf das Segment S ergeben sich, wegen des großen Kurvenradius der gemessenen Fahrtstrecke auf dem Wegsegment S, Referenzpunkte R, die deutlich enger beab-  
5 standet sind als die entsprechenden relativen Positionen P auf der gemessenen Fahrtstrecke. Auf diese Weise wird der größere, tatsächlich gefahrene Kurvenradius egalisiert, und es werden realistische Positionen auf dem Wegsegment S der  
10 digitalen Straßenkarte ermittelt.

Würden die Referenzpunkte R lediglich durch Addition der zurückgelegten Wegstrecken ermittelt, so ergäbe sich nach dem Auslauf der Kurve für die letzte dargestellte Fahrzeugpositi-  
15 on nicht der letzte Referenzpunkt R, sondern eine mit F gekennzeichnete falsche Position.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Fahrzeugs anhand digitaler Wegenetzdaten mit einem Prozessor (12) und wenigstens einem Sensor (13, 14) zur Bestimmung einer relativen Fahrzeugposition, mit den Schritten:
  - eine relative Fahrzeugposition (P) und eine Fahrtrichtung wird von dem Sensor (13, 14) gemessen,
  - 10 - ausgehend von der gemessenen relativen Fahrzeugposition (P) wird vom Prozessor (12) auf einer Linie, die im wesentlichen rechtwinklig zur Fahrtrichtung oder zu einem Wegsegment (S) der digitalen Wegenetzdaten verläuft, ein Referenzpunkt (R) auf dem Wegsegment (S) bestimmt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (12) beiderseits der Fahrzeugposition (P) Referenzpunkte (R) mit allen Wegsegmenten (S) bestimmt, die innerhalb einer definierten Distanz von der Fahrzeugposition (P) sind,
  - 20 um aus der Mehrzahl der Referenzpunkte (R) eine absolute Fahrzeugposition zu bestimmen.
3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß fortlaufend die relative Fahrzeugposition (P) und die hierzu gehörigen Referenzpunkte (R) bestimmt und gespeichert werden, und daß derjenige Referenzpunkt (R) als absolute Fahrzeugposition bestimmt wird, der die geringste Entfernung von der Fahrzeugposition aufweist und der sich auf einem Wegsegment (S) befindet, auf der bei der vorhergehenden
  - 25 Messung ein Referenzpunkt gefunden worden ist.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Winkel von 25° oder weniger zwischen einer Fahrtrichtung und dem Verlauf eines Wegsegments (S), als Referenzpunkt (R) derjenige Punkt des Wegsegments (S) gewählt wird, der den geringste Abstand zur Fahrzeugposition (P) hat.

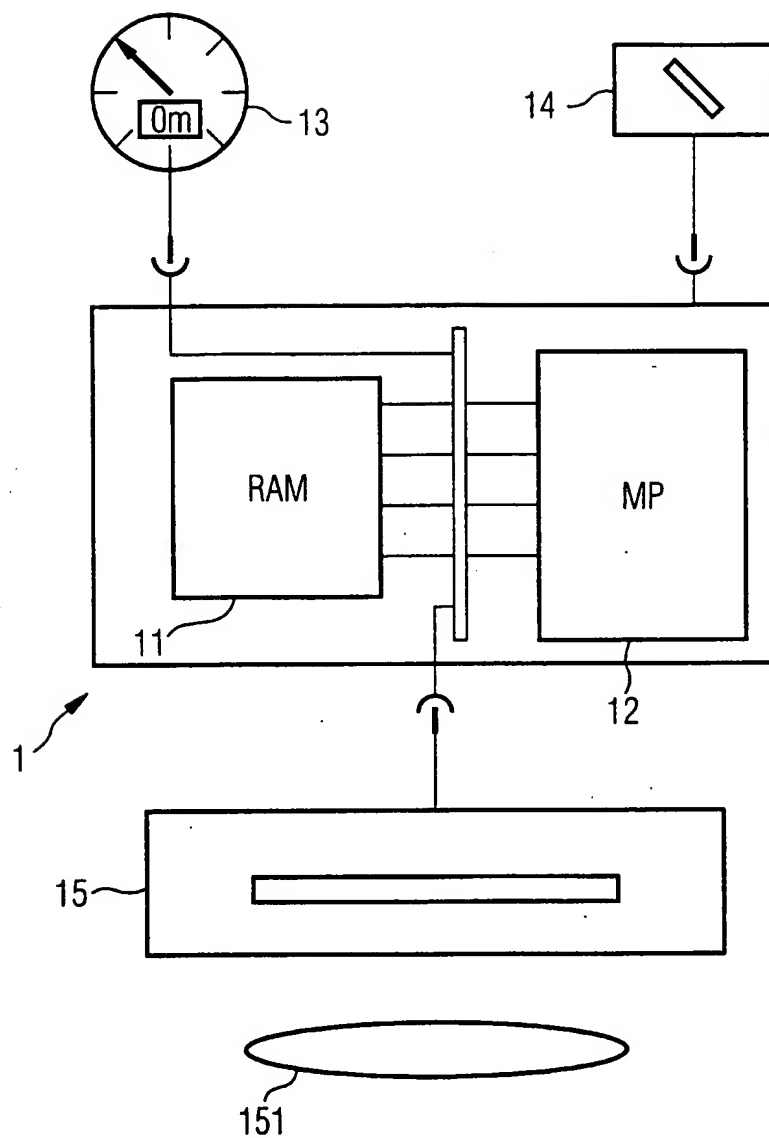
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem kurvigen, gewundenen Straßenverlauf bei einem Winkel von  $50^\circ$  oder weniger zwischen einer Fahrtrichtung und dem Verlauf eines Wegsegments (S),  
5 als Referenzpunkt (R) derjenige Punkt des Wegsegments (S) gewählt wird, der den geringste Abstand zur Fahrzeugposition (P) hat.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Winkel von mehr als  $90^\circ$   
10 zwischen einer Fahrtrichtung und dem Verlauf eines Wegsegments (S), der vorangegangene Referenzpunkt (R) auf dem Wegsegment um die seit der vorangegangenen Messung zurückgelegte, gemessene Entfernung verschoben wird.

15

1/2

FIG 1



2/2

FIG 2

